

DOI:10.19651/j.cnki.emt.1802138

基于无线通信的两线制红外光电传感器测频系统设计

甘伯凡

(上海理工大学 上海 200093)

摘要:设计了一种基于 NRF24L01 无线通信的两线制红外光电传感器测频系统。为了减少三线制传感器的用线数量以及改进信号的稳定性,设计一种两线制光电传感器。在设计过程中,首先对三线制传感器的电路进行深入研究后设计了改进后的两线制传感器电路,设计了信号处理电路,将传感器的脉冲信号转换为频率信号,通过 RS-485 总线传给无线发送模块,再通过无线通信发送给无线接收模块,最后通过上位机软件将所测数据显示出来。经过实验证明,它能够稳定准确地采集信号。经过对两种传感器得到的数据进行比较后得出,两线制传感器所测得的数据的确更稳定,波动小、且只需要两根线,达到了实验的目的。

关键词: 两线制;光电传感器;频率采集;无线通信;RS-485 总线

中图分类号: TN911.7 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.10

Design of frequency measuring system for two wire infrared photoelectric sensor based on wireless communication

Gan Bofan

(University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: A two wire infrared photoelectric sensor frequency measuring system based on NRF24L01 wireless communication is designed. In order to reduce the number of wires used in three-wire sensor and improve the stability of signal, a two-wire photoelectric sensor is designed. In the design process, the improved two-wire sensor circuit is designed after the in-depth study of the three-wire sensor circuit, and then the signal processing circuit is designed to convert the pulse signal of the sensor into frequency signal, which is transmitted to the wireless transmission module through RS-485 bus, and finally transmitted to wireless communication. The receiving module finally displays the measured data through the host computer software. It is proved by experiments that it can collect signals in a stable and accurate manner. After comparing the data obtained by the two sensors, it is concluded that the data measured by the two-wire sensor is more stable, less fluctuation, and only two lines are needed to achieve the purpose of the experiment.

Keywords: two wire system; photoelectric sensor; frequency acquisition; wireless communication; RS-485 bus

0 引言

传统的光电传感器一般都是三线制,即电源正、地线以及一根数据线。三线制传感器在传输过程中,电压信号很容易受到干扰,信号不稳定,采用电压信号的电路中,如果出现线路接触不良,在此处将会产生压降,从而改变电压信号的幅值,影响测量的准确性。而本文采用电流信号的电路中,因为采用类似恒流源的原理,线路接触不良引起的线路电阻的改变在一定的范围内,不会影响输出电流信号的大小。目前,国外普遍采用的是 Allegro 公司的两线式霍尔开关传感器,且其有着许多特点,已经普遍应用。而国内

目前主要还是使用三线制传感器,对两线制传感器研究还比较少。本设计在一定程度上学习了国外的两线制传感器的原理,能够对国内传感器发展起一定作用^[1-3]。

1 光电传感器工作原理

一般的光电传感器由发送器、接收器和检测电路 3 部分组成。发送器的红外二极管发射一道光束,如果前方没有遮挡,则此时接收器不能接收到反射光束,则此时电信号不变,直到被测物遮住了发射光,从而形成一道反射光束,电路才会输出一个开关信号。开关信号经过放大、整形电路处理后,输出一个脉冲信号。单片机通过接收单位时间 T 内的

脉冲个数 M , 即可测得被测物的转速 V (单位 r/s)^[4-5]。

2 硬件电路设计

2.1 三线制传感器硬件电路

NPN 三极管和光电管组成的检测电路如图 1 所示, 由于三极管集电极的电流与基极电流相关, 即集电极电流为基极电流的 β 倍, 因此, 当基极的电流发生微弱变化时, 集电极的电流的变化也会很大^[6-7]。利用这个原理, 可以分析当电路没有检测到信号时, 光敏三极管由于没有接收光强的变化, 输出为高电平, 而当检测到被测物通过时, 根据三极管的特性, 输出为低电平; 单片机经过信号处理以后将高低电平转化为单片机能识别的脉冲信号, 然后通过采集这个脉冲信号, 通过计数器计算脉冲值, 进而得到转速^[8]。

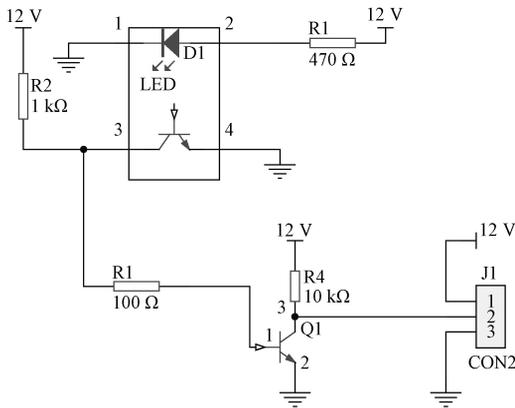


图 1 三线制传感器检测电路

2.2 两线制传感器电路设计

两线制传感器电路如图 2 所示, 此时电路中只有两个外接引脚, 一个是 GND, 另一个是电源正极 (也是信号线), 和三线制不同的是, 三线制传感器输出的是电压信号值, 高电压为 1, 低电压为 0, 而单片机也只能接受 TTL 电平。而两线制传感器的输出信号则是电流信号。当光电管没有被测物遮挡时, 此时光敏二极管阻值较大, 测得输出端的电流较小; 当光电管有被测物挡住时, 由于反射光的缘故, 此时光敏二极管导通, 输出端的电流就会比较大, 当被测物告诉运动时, 被不断地反射光束到光敏二极管上, 从而信号线 (电源线) 上的电流值在不断地改变大小^[9] (图 2)。经测量, 电流的大小在 $0 \sim 5 \mu A$ 之间。电流信号处理电路通过对这个变化的电流信号进行处理, 转化成 $0 \sim 5 V$ 的电压信号, 单片机进而将电压信号处理成脉冲信号, 进行采集。该电路设计简单且高效、体积小、便于固定, 在采集过程中十分可靠。

2.3 电流信号处理电路设计

信号处理电路如图 3 所示, 当输入电流为 0 时, 输出端的电压信号也为 0; 当电流输入为 $0.5 \mu A$ 时, 由于取样电路压降为 0.5 V, 经过运放的电压大概只有 4.5 V, 由于运放的放大系数设计为 1.111, 所以最终输出电压能够输出为近似 5 V 的信号电压。此电路能够完成 $0 \sim 5 \mu A$ 向 $0 \sim$

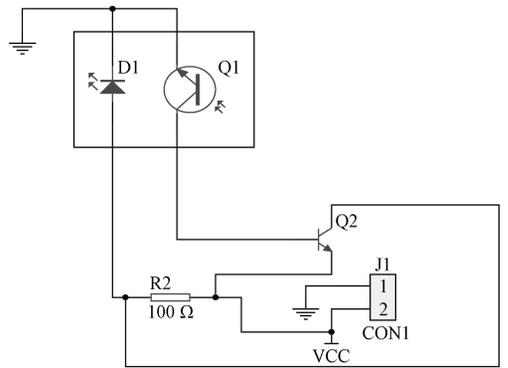


图 2 两线制传感器检测电路

$5 V$ 电压的转换。便于单片机处理。由于单片机只需要通过电压比较器得到一个高低电平, 并不需要准确的电压值, 所以一些微小的偏差可以忽略不计^[10-11]。

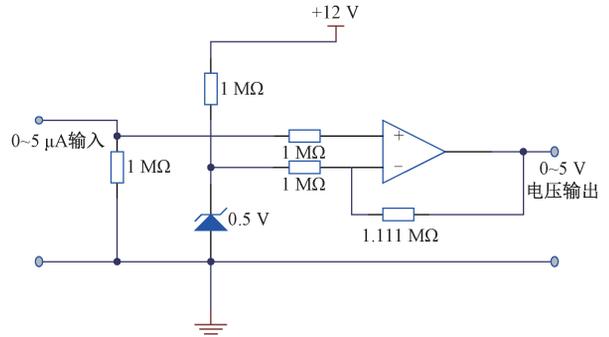


图 3 信号处理电路

2.4 单片机模块

采用了 CPU 为 AT89C51 的单片机和 82C54、16 位计数芯片。AT89C51 速度快、内含 2 K ROM、128 byte RAM, 端口驱动能力达 20 mA, 能较好地适用于远端数据处理。可输入电压为 12 V, PEISHJ 频率为 $1 \sim 10$ kHz 脉冲信号, 通信方面选用了 MAX485ECPA 接口芯片完成 RS485 数据通信。MAX485ECPA 驱动达 1 200 m, 传输速率 250 Kbps, 可连接 32 个站点, ± 15 kV 的抗静电冲击, 工作温度范围 $-40 \sim +80 \text{ }^\circ\text{C}$ 。选用 82C54 芯片, 可以提供 16 bit 的脉冲计数值。据此, 所采用的的单片机硬件原理如图 4 所示^[12-13], 经过实验证明, 51 单片机信号处理电路能够将脉冲信号准确的处理得到期望的数字信号。

2.5 无线模块

本文采用了无线通信芯片 NRF24L01, 该芯片工作在 2.4~2.5 GHz 世界通用 ISM 频段, 具有单片无线收发功能。其内部包括频率发生器、模式控制器、功率放大器、晶体振荡器、调制器和解调器。通信速率上, 其最快能达到 2 Mbps。本文通过 SPI 接口对一对无线芯片进行输出功率、频道以及协议的设置, 使其能够很好地完成无线收发的作用。位无线模块的引脚图如图 5 所示, 在 STM32 单片机

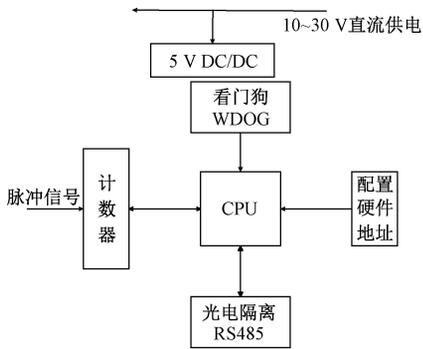


图4 单片机硬件框架

上通过SPI总线方式对无线芯片的通信方式进行软件编程,完成无线收发功能^[14-15]。得益于稳定的无线传输功能,该模块可成功取代有线通信,进一步简化工业现场复杂繁琐的线路问题,十分有效。

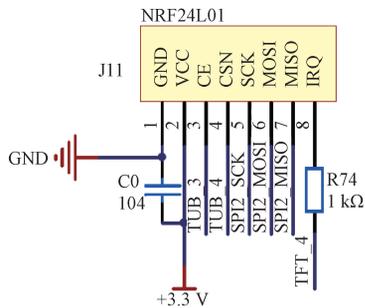


图5 NRF24L01模块

3 系统软件设计

一般的,单片机测量脉冲频率可以用两个定时器配合完成,一个定时器负责对外部脉冲进行计数,另一个定时器用来定时,通过定时时间内所得到的计数值比上计数时间得到所测频率,但是由于51单片机的定时器个数有限,这样做很浪费资源。在此采用定时器2的捕获功能,这样可以释放一个定时器,提高工作效率,且使程序更加方便编写。由于定时器内部有两组寄存器(TLX, THX),当单片机接收到外部脉冲时,首先捕获一个下降沿,即外部引脚接的电平由高变为低,响应一次中断,此时将把TLX中的数据存入陷阱寄存器中(RCAPXL, RCAPXH)中,并软件记录;当下一个脉冲下降沿到来的时候,再次响应中断,并将此时的值软件记录,二者的差值即一个脉冲周期 T ,由此可以得出频率 $f=1/T$ ^[16]。具体的定时器2的初始化程序以及中断程序如下:

初始化

```
void Timer2Init () {
    T2CON=0x0d; RCAP2L=0x00; RCAP2H=0x00;
    TL2=0x00; TH2=0x00;
    ET2=1; EA=1; }
```

中断服务函数:

```
void INT_Timer2 () interrupt 5
{
    if (TF2)
    {
        TR2=0; TF2=0; NP1=N; N=0;
        if (Cap1 > Cap0)
        { frequency=1000000 * (NP1-1)/Cap1Cap0; }
        TL2=0x00;
        TH2=0x00;
        TR2=1; }
    }
else
{
    EXF2=0;
    if (N==0)
    {
        Cap0=RCAP2H;
        Cap0=(Cap0 << 8) | RCAP2L;
        N=1;
    }
else
{
    N++;
    Cap1=RCAP2H;
    Cap1=(Cap1 << 8) | RCAP2L;
}
}
}
```

4 实验结果与分析

为了验证设计的两线制无线传感器在测量过程中的可靠性,设计了一种可靠的实验方法。将两线制传感器和三线制光电传感器分别固定在两个叶轮上,如图6所示。再将叶轮放入天信仪表集团有限公司的TBQ-150A气体涡轮流量计组成的小型通风管道,通过调节管道内的气体流量,改变管道风速大小,实现叶轮转速的变化。该流量计的准确度为1.0级,流量范围为32~650 m³/h,环境温度为-30~+60℃,介质温度为-20~+80℃。

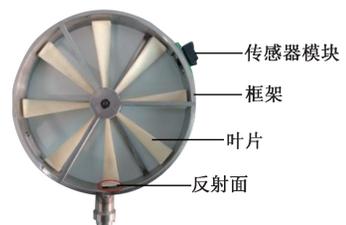


图6 叶轮实物

为了保证实验的准确性,本实验设定了 6 个不同大小的风速,并在每个风速下都采集 10 个数据,最后取平均值,最后通过上位机软件测得的结果如表 1 所示。

表 1 风速与叶轮转速测试数据表

气体流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	风速/ ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	三线制平均 转速/($\text{r} \cdot \text{s}^{-1}$)	两线制平均 转速/($\text{r} \cdot \text{s}^{-1}$)
55.6	0.846	35.5	37.0
115.1	1.750	79.3	81.2
174.2	2.649	120.4	121.1
233.8	3.556	156.3	155.4
351.0	5.338	245.6	246.3
462.2	7.029	326.6	327.1

因为通风管道直径为 0.152 5 m,故管道截面的面积为 0.018 27 m^2 ,通过流量除以截面积可得每个流量下的风速。流量下的风速。从表 1 的实验数据可以看出,两线制传感器所测得数据与三线制所测数据非常接近,且得到的风速与叶轮转速具有良好的线性关系。证明了本实验设计的两线制光电传感器具有一定的实际意义。

当前国内对两线制传感器的研究相对很少,本文重点突出了对这一领域的一个初步探索并进行实践,经实验,本文设计的两线制光电传感器有一定的实际用途,能够完成对被测物转速的测定,配合无线通信可以有效地满足一些实验现场的需求,而且所用的 AT89C51 核心芯片所具备的出色的性能,能够很好地完成信号采集工作。

5 结 论

经过本文设计可以看出,两线制传感器能够代替三线制传感器,完成检测工作,而且在远距离的工业现场,使用两线制传感器将能节约很大的成本,并且使用电流信号比电压信号更准确更稳定。本设计借鉴了两线制霍尔传感器的原理,在一定程度上达到了检测作用,但是在实际使用中还没有霍尔传感器稳定,需要在后续设计中继续改善。

参考文献

- [1] 张梦欣.自动检测与传感器应用[M].北京:中国劳动社会保障出版社.
- [2] 李科杰.现代传感技术[M].北京:电子工业出版社,2005.
- [3] 吕宁.单片机转速测量系统[J].电子技术,2006(9):64-67.
- [4] 孟立凡,蓝金辉.传感器原理与应用[M].北京:电子工业出版社,2007.
- [5] 宋国梅.基于 89C51 的转速测量系统设计[J].潍坊学院学报,2008(6):32-34.
- [6] 杨继生,刘芬.霍尔传感器 A44E 在车轮测速中的应用研究[J].电子测量技术,2009,32(10):100-102.
- [7] 方原柏.工业无线网络的设备类型[J].自动化仪表,2015,36(8):26-30,34.
- [8] 方原柏.未来十年,是工业无线通信技术走向成熟的十年[J].自动化博览,2013(z1).
- [9] 王文成,李健.基于单片机的电机转速测量系统的设计[J].仪表技术与传感器,2011(8):70-72.
- [10] 曾一江.单片微机原理与接口技术[M].北京:科学出版社,2006.
- [11] 邵显涛,陈明,李俊.基于霍尔传感器电机转速的单片机测量[J].国外电子测量技术,2008,27(10):29-31.
- [12] 白勇,李玉忍,李瑞琴.基于 FPGA 的飞机轮速测量系统设计[J].微处理机,2011,32(3):16-19.
- [13] 刘瑞新,等.Visual Basic 程序设计教程[M].第 3 版.北京:电子工业出版社,2007.
- [14] 王淑华.MEMS 传感器现状及应用[J].微纳电子技术,2011,48(8):516-522.
- [15] 李伟编.新型汽车传感器、执行原理与故障检测[M].北京:机械工业出版社,2013.
- [16] 李群芳,肖看.单片机原理、接口及应用——嵌入式系统技术基础[M].北京:清华大学出版社,2005.

作者简介

甘伯凡,硕士,主要研究方向为流量测量。

E-mail:489631616@qq.com